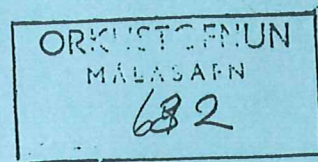


Raforkumálastjóri
Orkudeild

DK 621.039.003



ORKUVERÐ FRÁ LITLUM
KJARNORKUSTÖÐVUM

eftir
Björn Kristinsson

Jan. 1959

BK/ab

Í eftirfarandi athugun er reynt að finna hvaða verð yrði á orku frá kjarnorkustöð á Íslandi. Þar eð eingöngu er stuðst við erlendar heimildir og mestallur kostnaðurinn er í erlendum gjaldeyri og heimildirnar tilgreina yfirleitt verð í bandarískum dollurum, er heppilegt að nota þá einnig hér. Til að breyta \$ í ísl. kr. er reiknað með $1\$ = 32$ kr. og felur talan 32 í sér gengi, yfirfærslugjald og önnur gjöld, tolla og flutningskostnað. Að lokum er gerður lauslegur samanburður á verði orku unninni úr kjarnkleyfum efnum, brennsluefnum, vatnsföllum og jarðgufu.

KJARNORKA:

I. Fjármunakostnaður

13
Litlar kjarnorkustöðvar nefni ég þær stöðvar, sem hafa 5-50 MWe rafafli eða 20-200 MW_t varmaafli. Koma hér eingöngu til greina stöðvar með auðguður úraníum. Teknar eru til athugunar tvær stærðir stöðva, 5 MWe (20 MW_t) og 50 MWe (200 MW_t) og er áætlaður kostnaður á gufu og rafmagni frá þeim. Nær allar heimildir gefa upp einingarkostnað rafafli og til þess að fá einingarkostnað varmaafli verður reiknað með 25% varmánytni og þá er 5 MWe = 20 MW_t og 50 MWe = 200 MW_t. Stofnkostnaður kjarnorkustöðvar skiftist þannig á milli ýmissa kostnaðarliða:

Land og landréttindi, byggingarverkfr.	5%
Reaktor og tilheyrandi	40%
<i>Reaktorverkið sammt.</i> Turbogenerator og tilh.	30%
Stjórn og eftirlit	15%
Vaxtatap	7%
Ýmislegt	3%
	<hr/>
	100%

Samkvæmt framangreindu mun stofnkostnaður kjarnorkustöðvar til gufuframleiðslu vera 70% af stofnkostnaði kjarnorku-rafstöðvar.

Línurit I sýnir einingarkostnað allmargra kjarnorkustöðva sem fall af stærð þeirra í kWe. Einingarkostnaður þeirra tveggja stærða sem hér eru teknar til athugunar er sýndur í töflu I.

Tafla I
Einingarkostnaður kjarnorkustöðvar

Stærð stöðvar	R a f s t ö ö		G u f u s t ö ö	
	5 MWe	50 MWe	20 MWt 17 Gcal/h	200 MWt 170 Gcal/h
Einingarverð \$/kW	850	450	150	80
	(kr/kW) ^x (27000)	(17500)	(4800)	(3000)

Ofangreindar tölur eiga við stöðvar reistar á árunum fram til 1962.

II. Framleiðslukostnaður orku.

Framleiðslukostnaðurinn er myndaður úr eftirfarandi kostnaðarliðum:

Fjármagnskostnaður:

- arður og vextir
- afskriftir

Eldsneytiskostnaður:

- kostnaður brennds eldsneytis að fráðregnu verðmæti geislaða eldsneytisins þegar það á við
- vaxtatap vegna bundins fjármagns í fyrstu eldsneytisfyllingunni.

Endurnýjun og viðhald:

- endurnýjun
- viðhald

Rekstrarkostnaður:

- starfslið
- stjórn
- skattar og þóknanir
- tryggingar.

Fjármagnskostnaður

Arður og vextir. Vextir á íslenskum fjárhagsmarkaði eru 7% og þó að vextir af einkalánnum séu eitthvað hærri verður reiknað með þessari tölu hér. Opinber fyrirtæki á Íslandi reikna sér yfirleitt ekki arð.

x 1\$ = 32 kr (?)

Afskriftir af fjármunum. Enn er engin reynsla fengin á fullan endingaríma kjarnorkuvera en varkár áætlun er 20 ár og er algengt að reikna með þeim tíma í áætlunum. Samanlagður árlegur fjármagnskostnaður. Samkvæmt áður-nefndum forsendum verður árlegur fjármagnskostnaður 9,4%. Einingarkostnaður orku er háður nýtingartíma stöðvarinnar. Árlegur nýtingartími er T h.

Tafla II
Fjármunakostnaður.

Stærð stöðvar	R a f s t ö ö		G u f u s t ö ö	
	5 MWe	50 MWe	20 MWt 17 Gcal/h	200 MWt 170 Gcal/h
Einingarverð	$\frac{80000}{T}$ mills/kWeh	$\frac{42000}{T}$ mills/kWeh	$\frac{14000}{T}$ mills/kWth	$\frac{7500}{T}$ mills/kWth

Eldsneytiskostnaður

Eldsneytisnotkun og eldsneytiskostnaður er sýndur í töflu III

Tafla III

Eldsneytiskostnaður, eldsneytið 3% auðgað af U235

Forsendur	Rafstöð	Gufustöð
Varmanýting (%)	27	-
Brennsla	10 000 MWtd/t (240 GWht/t)	10 000 MWtd/t (240 GWht/t)
Kostnaður eldsneytis	15,5 \$/g af U235	15,5 \$/g af U235
Verðmæti geislaðs eldsneytis	220 \$/kg	220 \$/kg
<u>Kostnaður á framleidda kWeh eða kWth</u>		
	15,5 mg. af auðguðu U	4 mg af auðguðu U
Eldsneytisnotkun eða	0,45 mgU235/kWeh	eða 0,11 mgU235/kWth
Kostnaður vegna		
brennds eldsneytis	7 mills/kWeh	1,7 mills/kWth
Verðmæti geislaðs eldsneytis, sem dregst frá	3,3 mills/kWeh	0,8 mills/kWth
Eldsneytiskostnaður	3,7 mills/kWeh	0,9 mills/kWth 1,05 \$/Gcal

Vaxtatap vegna bundins fjármagns í fyrstu eldsneytisfyllingunni

Verðmæti fyrstu hleðslunnar er talið með í stofnkostnaðinum og er þar afskrifað eins og annar stofnkostnaður.

Varahlutir og viðhald

Varahlutir. Áætlað er að skifta þurfi um 20% af tækjum stöðvarinnar á endingartímanum og greiðist það með jöfnum árlegum greiðslum í vaxtalausn varahlutasjóð.

Rafstöð $\frac{7000}{T}$ mills/kWeh

Gufustöð $\frac{1200}{T}$ mills/kWth

Rekstrarkostnaður.

Rekstrarkostnaður, svo sem launagreiðslur töl starfsliðs, stjórn, eftirlit og viðgerðir er talinn falla innan þeirra marka sem tíðkast við venjulegar stöðvar.

Rafstöð $\frac{7000}{T}$ mills/kWeh

Gufustöð $\frac{1200}{T}$ mills/kWth

Tryggingar. Mjög lítið er til af fordæmum til að fara eftir í Bandaríkjunum greiða stöðvar með auðuguðu úraníum 0,15 - 2 mill/kWeh. Ef áætlað er 0,4 mills/kWeh fyrir stöð með 75% nýtingartíma fæst hér:

Rafstöð $\frac{2600}{T}$ mill/kWeh

Gufustöð $\frac{650}{T}$ mill/kWth

Kostnaður orku frá kjarnorkustöð

Á línuríti II eru sýndar niðurstöður þessarrar athugunar, þ.e. orkuverð sém fall af árlegum nýtingartíma stöðvarinnar. Þeir liðir sem mynda orkukostnaðinn eru sýndir í töflu V og er nýtingartíminn sem er breytanlegur settur inn sem bókstafur T.

Tafla V.
Orkuverð frá kjarnorkustöðvum
mills/kWh

Stærð stöðvar	R a f s t ö ö		G u f u s t ö ö	
	5 MWe	50 mWe	20 MWt 17 Gcal/h	200 MWt 170 Gcal/h
Fjármunakostnaður einingarkostnaður	850 \$/kWe	450 \$/kWe	150 \$/kWt	80 \$/kWt
Fjármagnskostnaður	$\frac{80000}{T}$	$\frac{42000}{T}$	$\frac{14000}{T}$	$\frac{7500}{T}$
Eldsneytiskostnaður	3,7	3,7	0,9	0,9
Varahlutir og viðh.	$\frac{7000}{T}$	$\frac{7000}{T}$	$\frac{1200}{T}$	$\frac{1200}{T}$
Rekstrarkostnaður	$\frac{7000}{T}$	$\frac{7000}{T}$	$\frac{1200}{T}$	$\frac{1200}{T}$
Þryggingar	$\frac{2600}{T}$	$\frac{2600}{T}$	$\frac{650}{T}$	$\frac{650}{T}$
Samtals	$\frac{96600}{T} + 3,7$	$\frac{58600}{T} + 3,7$	$\frac{1700}{T} + 0,9$	$\frac{11000}{T} + 0,9$

KOL, OLÍA:

Orkuverð frá kola og ólíustöðvum

Þar sem hér er aðeins um lauslegan samanburð að ræða og til þess að gera langa sögu stutta eru eingöngu ólíustöðvar teknar til athugunar og áætlað orkuverð frá þeim.

Gert er ráð fyrir sömu stærðum stöðva og hér að framan þ.e. 5 MWe og 50 MWe rafstöðvar og 20 MWt og 200 MWt til gufuframleiðslu. Reiknað er með 25 ára afskriftatíma 7% vöxtum, samtals 8,6% á ári.

Meðalnýtni ketils er áætluð 85% og rafstöðvar í heild 35%. Stofnkostnaður gufustöðvar er áætlaður 60% af stofnkostnaði rafstöðvar.

Verð olíu er reiknað 700 kr/t og 32 kr = 1 \$. Varmagildi 10000 kcal/kg.

Tafla VI
Orkuverð frá olíukyntri stöð
 mills/kWh

Stærð stöðvar	R a f s t ö ö		G u f u s t ö ö	
	5 mWe	50 mWe	20 MWt 17 Gcal/h	200 MWt 170 Gcal/h
Fjármunakostnaður einingarkostnaður	250 \$/kWe	170 \$/kWe	60 \$/kWt	40 \$/kWt
Fjármagnskostnaður	$\frac{21000}{T}$	$\frac{15000}{T}$	$\frac{5200}{T}$	$\frac{3400}{T}$
Eldsneytiskostnaður	6,3	6,3	2,2	2,2
Rekstrarkostnaður	$\frac{7000}{T}$	$\frac{7000}{T}$	$\frac{1200}{T}$	$\frac{1200}{T}$
Samtals	$\frac{28000}{T} + 6,3$	$\frac{22000}{T} + 6,3$	$\frac{6400}{T} + 2,2$	$\frac{6400}{T} + 2,2$

VATNSAFL:

Orkuverð frá vatnsaflsstöðvum

Miðað er við stofnkostnað þeirra vatnsaflsstöðva sem síðast voru reistar og extrapolerað út frá þeim kostnaði. Afskriftatími reiknast 40 ár, vextir 7% eða samtals 7,5%

Tafla VII
Orkuverð frá vatnsaflsstöðvum
 mills/kWh

Stærð stöðvar	R a f s t ö ö v a r	
	5 MWe	50 MWe
Einingarkostnaður fjármuna	400 \$/kWe	100 ^x \$/kWe
Fjármagnskostnaður	$\frac{30000}{T}$	$\frac{7500}{T}$
Rekstrarkostnaðru	$\frac{7000}{T}$	$\frac{7000}{T}$
Samtals	$\frac{37000}{T}$	$\frac{14500}{T}$

x Þessi tala er fundin með hliðsjón af stofnkostnaði stöðvarinnar við Efrafall í Sogi og er raunv.1. alltof lág fyrir "typiska" stöð af þessarri stærð.

JARÖGUFU:

Samkvæmt upplýsingum jarðhitadeildar má gera ráð fyrir að jarðgufa og rafmagn~~er~~ unnið með jarðgufu kosti sem hér segir:

Jarðgufa 4 kr/t

Heita kveða Kristvirk - Rirk e. 11.20/4

Rafmagn 4 aurar/kWh

og er þá reiknað með 100% nýtingaríma.

Ef reiknað er með, að úr 1 t. af gufu fáiast 600 000 kcal og 32 kr = 1 \$ fæst sem fall af nýtingartímanum.

Tafla VIII

Orkuverð frá jarðgufustöð

	Jarðgufa	Rafmagn
Einingarkostnaður	$\frac{2000}{T}$ mills/kWth	$\frac{10500}{T}$ mills/kWeh

Hér mun átt við stóra stöð.

NIÐURSTÖÐUR:

Í framangreindum áætlunum er ætíð miðað við orkuverð í heildsölu frá orkuveri.

Ljóst er af samanburði þeim sem gerður er á orku frá ýmsum orkulindum að kjarnorkan er enn dýrust en á því kunna að verða miklar breytingar á næsta áratug.

Rafmagn frá kjarorkuverum er allmiklu dýrara en öðrum orkulindum einkum ef nýtingartíminn er stuttur.

Gufa frá kjarnorkustöð er miklu dýrari en jarðgufa en sam- bærileg við gufu frá olíukyntri stöð ef nýtingartími er langur. Stofnkostnaður kjarnorkustöðva er allhár eða sem hér segir:

5 MWe rafstöð kostar 4,3 millj.\$ eða 140 millj kr.

50 MWe rafstöð kostar 28 millj.\$ eða 900 millj. kr.

Kjarnorkustöð krefst þvíkmikils lánsfjár.

LOKAORÐ:

Þó að orkuverð frá aflstöð sé stærra sem skiftir miklu máli, þá er orkuverð til notenda enn mikilvægara og er raunverulega það sem sker úr um hvaða orkuver er heppilegast.

Orkuverð til notenda er mjög háð landfræðilegum aðstæðum og solumöguleikum á orku.

Hér á landi eru það solumöguleikarnir, sem fyrst og fremst þarf að athuga í sambandi við kjarnokruver, því að stöðina má staðsetja svo til hvar sem er við ár eða strendur landsins. Þeir staðir sem hugsamlega gætu stöðað undir kostnaði slíkrar stöðvar í nálægri framtíð eru:

Vesturland:	Ísafjörður
Norðurland:	Siglufjörður
	Akureyri
Austurlandö	
Suðurland:	Vestmannaeyjar
	Keflavík
	Hafnarfjörður
	Kópavogur
	Reykjavík
	Akranes.

Sem næst skref væri eðlilegt að gera lauslegar samanburðar-áætlanir fyrir hvern þessarra staða:

Áætla þörf fyrir varma og rafmagn til heimilisnota, þ.e. hitunar, suðu og til ljósa, og til iðnaðar, svo sem niðursuðu, bræðslu o.fl. auk afls til að knýja rafvélar og gera síðan samanburð á einingarverði orku frá kjarnorkustöð og öðrum aflstöðvum.

Í framangreindum athugunum er einni mikilvægru notkun kjarnorkunnar sleppt, en það er til að knýja áfram skip. Erlendar athuganir sýna að ennþá er hagkvæmara að nota brennsluefni nema í einstökum tilfellum svo sem fyrir:

stór öflugskip

kafbáta

ísbrjóta á norðurslóðum

Það má vera að kjarnorkan geta einnig verið hagkvæm í verksmiðjuskipum sem þurfa mikinn varma til bræðslu og suðu á fiski auk orku til að knýja skipið áfram en slíkt þyrfti að athuga sérstaklega.

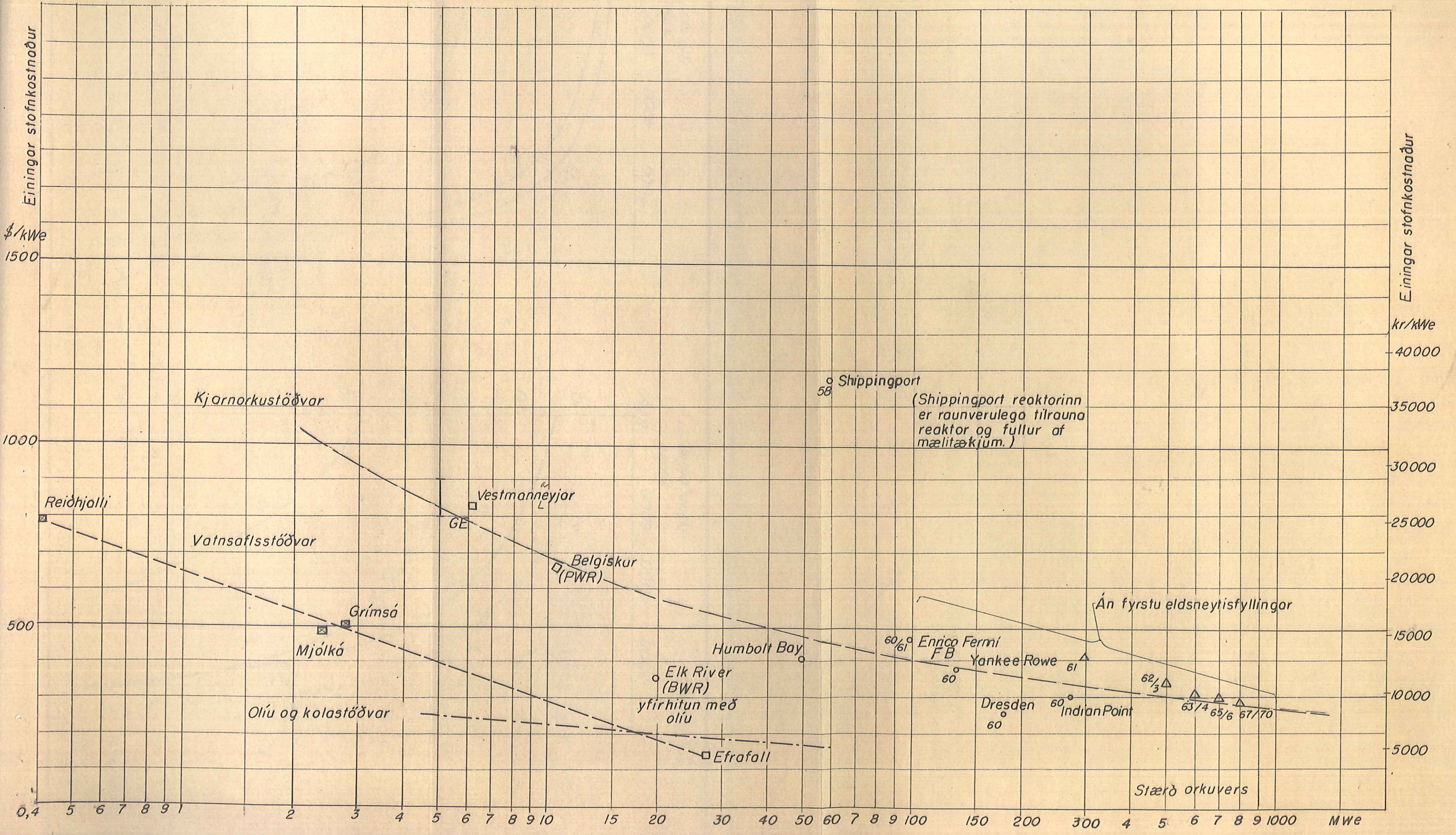
Að lokum má geta þess að undanfarið hefur verið unnið mjög mikið að rannsóknum á hitarafmagni og gæti niðurstaða þeirra rannsókna haft mikil áhrif á smíði reaktora til rafmagnsframleiðslu og nýtingu úrgangsefna frá þeim.

Reykjavík, 22. janúar 1959

Björn Kristinsson

Tölur við punkta merkja ár það er stöðin tók til starfa.

1 \$ = 32 kr.



Stærð orkuvers

Línurit II.

RAFORKUMÁLASTJÓRI

ORKUDEILD

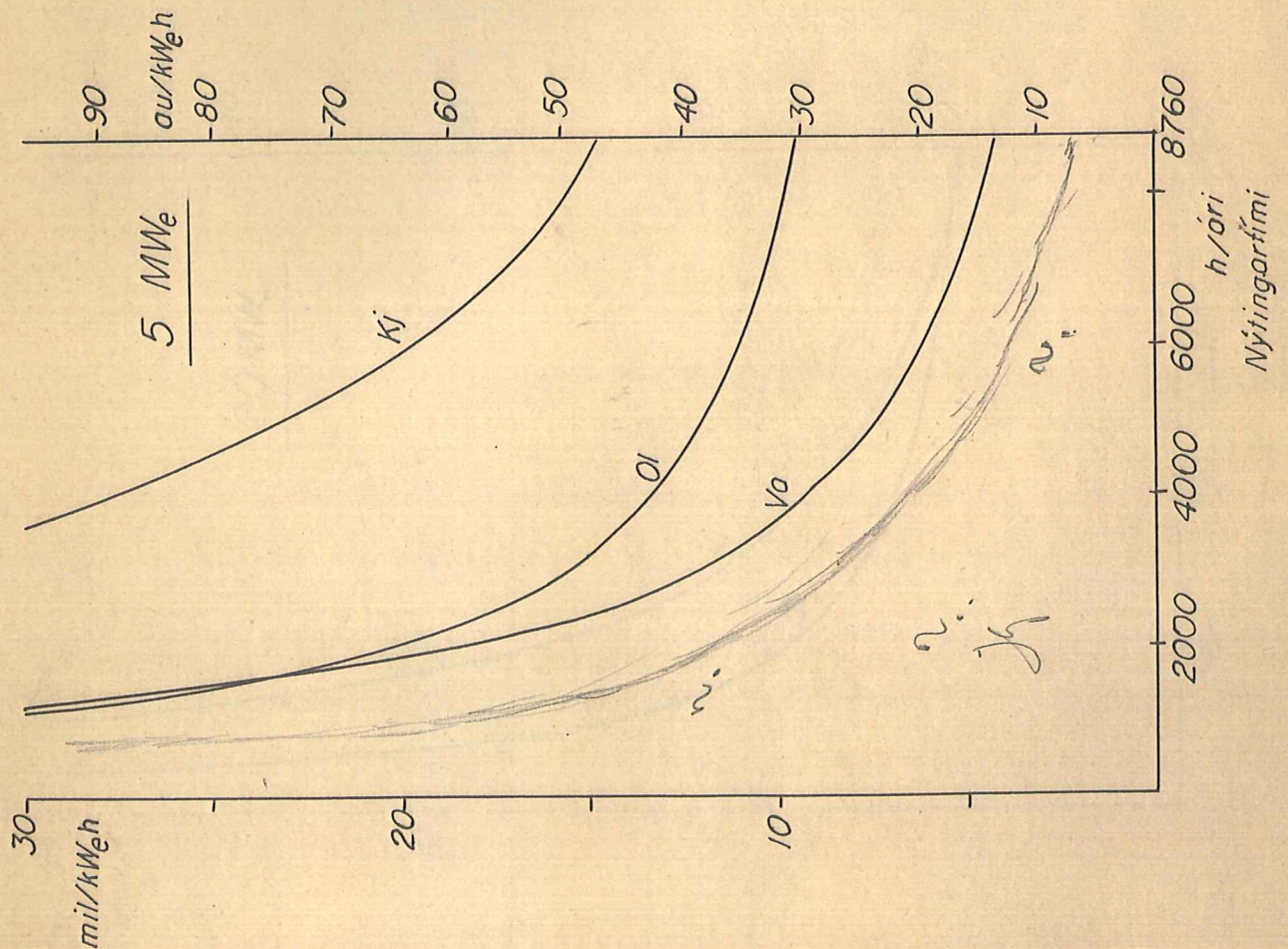
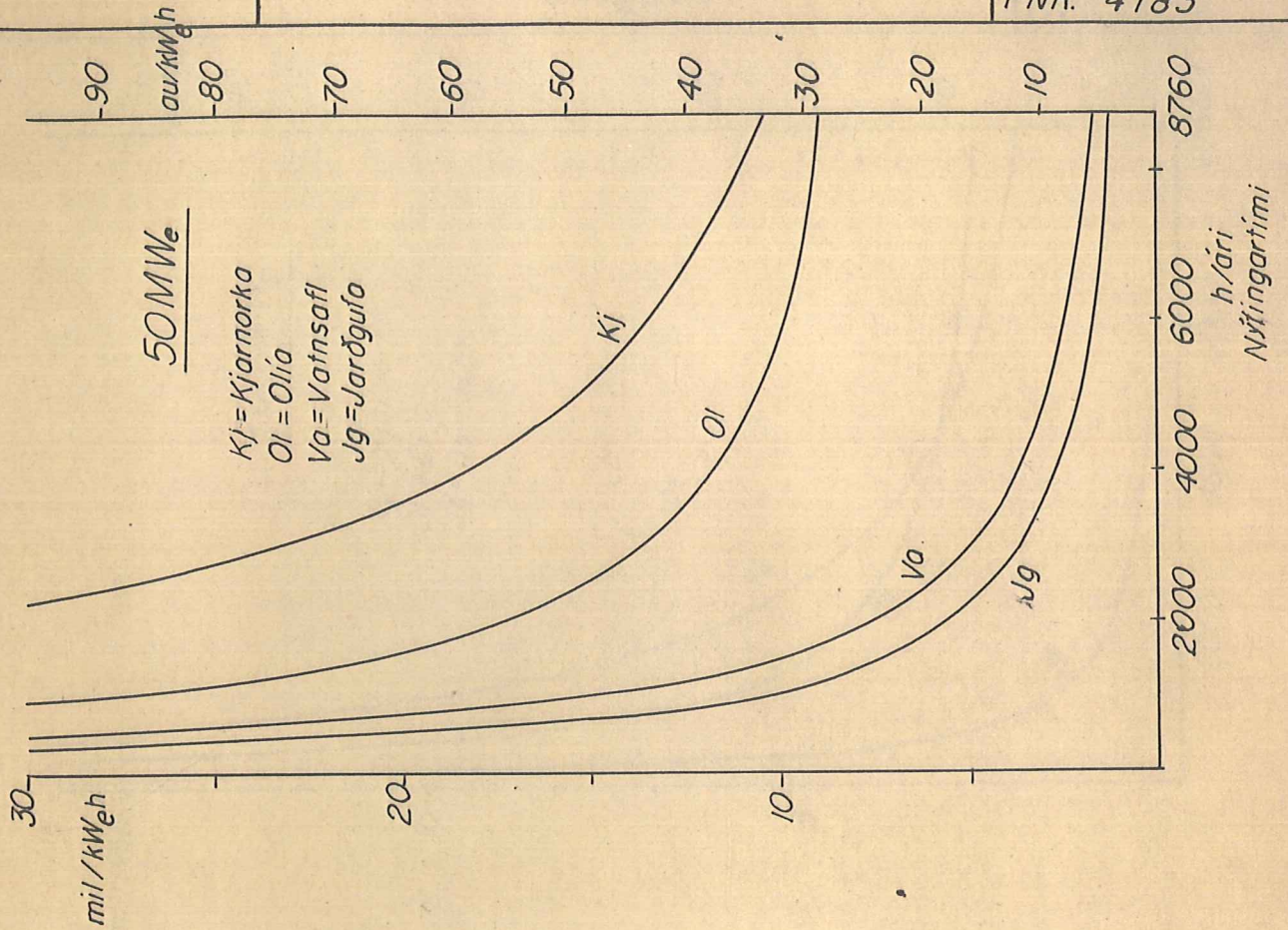
Samanburður á verði raforku frá mismunandi orkugjöfum.

jan. 59. BK / PJ

TNR. 191

B. 0

FNR. 4183



Línurit III.

RAFORKUMÁLASTJÓRI

ORKUDEILD

Samanburður á verði varma frá mismunandi orkugjöfum

jan. '59 BK/PJ

TNR 192

B-0

FNR 4184

